



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 90389

(13) C2

(51) МПК (2009)

C21C 7/00

C21C 7/072

C21C 7/10

F27D 11/08

C22B 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ОБРОБКИ РІДКОГО МЕТАЛУ В КОВШІ-ПЕЧІ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) a200811145

(22) 15.09.2008

(24) 26.04.2010

(46) 26.04.2010, Бюл.№ 8, 2010 р.

(72) НАЙДЕК ВОЛОДИМИР ЛЕОНТІЙОВИЧ, НА-  
РІВСЬКИЙ АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, МЕЛЬНИК  
СЕРГІЙ ГРИГОРОВИЧ, КУРПАС ВОЛОДИМИР  
ІВАНОВИЧ, СИЧЕВСЬКИЙ АНАТОЛІЙ АНТОНО-  
ВИЧ, БІЛЕНЬКИЙ ДАВИД МИРОНОВИЧ, ГАНЖА  
МИКОЛА СЕРГІЙОВИЧ(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТА-  
ЛІВ ТА СПЛАВІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК  
УКРАЇНИ

(56) SU, 1 812 221, A1, 30.04.1993

UA, 75 166, C2, 15.03.2006

UA, 81 701, C2, 25.01.2008

RU, 2 233 339, C1, 27.07.2004

WO, 97/12067, A1, 03.04.1997

JP, 58-077520, A, 10.05.1983

JP, 58-221220, A, 22.12.1983

JP, 59-143015, A, 16.08.1984

JP, 59-143016, A, 16.08.1984

2

JP, 61-037910, A, 22.02.1986

(57) 1. Спосіб обробки рідкого металу в ковші-печі,  
за яким циркуляційне вакуумування рідкого металу  
здійснюють в камері з вертикальною перегород-  
кою та одночасно продувають його газами крізь  
бокову стінку порожнини всмоктування, розташо-  
вану над поверхнею рідкого металу в ковші-печі,  
який **відрізняється** тим, що рідкий метал постійно  
переміщують газом в плазмовому стані з зони на-  
грівання цього металу електричною дугою крізь  
вакуумовану камеру з вертикальною перегород-  
кою в ківш-печі і подають реагенти на поверхню  
вакуумованого рідкого металу.2. Пристрій для обробки рідкого металу в ковші-  
печі, що містить ківш з рідким металом, кришкою  
та електродом або електродами в ній, який **відрі-**  
**зняється** тим, що на кришці встановлений цирку-  
ляційний вакууматор з дозатором для реагентів та  
заглибленим в рідкий метал плазмотроном в по-  
рожнині вказаного вакууматора, всмоктуючий пат-  
рубок якої занурено в об'єм рідкого металу, що  
нагрітий електричною дугою.

Взаємозв'язана група винаходів належить до  
металургії і може бути застосована для обробки  
залізовуглецевих та кольорових сплавів.

Відомий спосіб рафінування сталі в ковші [1],  
який передбачає обробку рідкого металу в ковші з  
кришкою. В днищі ковша розміщена вставка з еле-  
ктропровідного матеріалу і пористі пробки, крізь які  
продувають розплав інертним газом. Під кришкою  
створюють розрідження до 150 ррт. Нагрів рідкого  
металу здійснюють плазмотронами, які встанов-  
лені в кришці. При цьому на розплав подають не-  
гативний потенціал крізь вставку з вогнетриву на  
основі Mg-C.

Недоліком такого способу є низька ефектив-  
ність нагріву рідкого металу тому, що до 60% ене-  
ргії, яка підводиться до плазмотронів, витрачаєть-  
ся на випромінювання. При цьому під дією  
випромінювання руйнується футеровка в ковші.

Відомий також метод позапічного рафінування  
сталі в ковші-печі [2], відповідно якого ківш з рід-  
ким металом закривають кришкою з отворами для  
введення електродів, якими нагрівають метал в  
процесі обробки. Крізь фурму, що занурена до  
днища ковша, розплав продувають газом. Тиск  
над рідким металом безперервно вимірюється  
манометром і підтримується шляхом постійного  
регулювання за допомогою заслонки у відводящо-  
му газопроводі.

Недоліком такого способу є низька ефектив-  
ність нагріву металу тому, що продувка та його  
перемішування здійснюється холодним газом крізь  
фурму, а також мала поверхня взаємодії розплаву  
з газом через злиття дрібних бульбашок з глибини  
рідкометалевої ванни.

Також відомий, вибраний як найближчий ана-  
лог спосіб видалення вуглецю з рідкої нержавіючої

(13) C2

(11) 90389

(19) UA

сталі в ковші [3], за яким в розплав, що в ковші, занурюється камера, яка розділена на дві порожнини: для всмоктування металу та його зливу в ківш. У камері створюється розрідження і метал піднімається вгору за рахунок різниці тисків. Крізь фурму, що складається з внутрішньої та зовнішньої труб, метал в порожнині всмоктування продувають киснем та інертним газом (азот, аргон). Фурма розміщена в боковій стінці камери над поверхнею металу в ковші. Окислення вуглецю відбувається безперервно при циркуляції розплаву за рахунок ерліфтного його переміщення над перегородкою з порожнини всмоктування в зливну.

Недоліками цього способу є недостатня ефективність нагріву металу та низькі швидкості газореагентної взаємодії в ньому при продувці холодним газом. При цьому обмежується час обробки металу і не досягається необхідний ступінь рафінування сталі.

Відомий пристрій для вакуумної дегазації і нагріву металу [4], що складається з ковша, над яким розміщена вакуумна камера з всмоктуючим і зливним патрубками та футерована камера без днища, в яку встановлений один з електродів плазмотрону. Внутрішня стінка вакуумної камери електропровідна, що забезпечує підведення напруги до рідкого металу, який контактує з нею. Плазмова дуга горить між електродом плазмотрону і рідким металом в ковші. При цьому плазмова дуга ізолювана від навколишнього простору футерованою камерою.

Недоліком такого пристрою є низька ефективність нагріву металу через значні (до 60%) витрати тепла від плазмової дуги на випромінювання, мала стійкість вогнетривів у камері.

Відомий пристрій для циркуляційного вакуумування сталі [5], який складається з вакуумної камери, всмоктуючого та зливного патрубків. З метою підвищення якості металу, камера має перегородку, що встановлена паралельно вісі камери і утворює з її днищем отвір, переріз якого більше ніж переріз зливного патрубка.

Недоліками цього пристрою є зниження температури розплаву при транспортуванні його крізь вакуумну камеру холодним газом, що обмежує час обробки сталі, а також низька якість обробленого металу.

Відомий також, вибраний як прототип, пристрій для вакуумної дегазації циркуляційного типу [6], який складається з вакуумної камери, вхідного та зливного патрубків, нагрівача у вигляді ємкості без дна, що прилягає до вхідного патрубка, а відкритий кінець її направлений до рідкого металу. У верхній частині цієї ємкості встановлений електрод, крізь який перепускають аргон. В стінці ємкості, що розміщена біля вхідного патрубка вакуумкамери, зроблені канали, по яких нагрітий плазموутворюючий газ проходить у вхідний патрубок. В результаті цього не потрібна подача транспортного газу в патрубок вакуумкамери.

Недоліками цього пристрою є невелика ефективність нагріву рідкого металу поверхневою плазмовою дугою через витрати тепла за рахунок випромінювання, низька стійкість вогнетривів в

ємкості, які руйнуються під дією цього випромінювання, недостатній ступінь рафінування сплавів.

В основу першого із групи винаходів покладено задачу удосконалення циркуляційного способу обробки рідкого металу в ковші-печі шляхом переміщення його газом в плазмовому стані із зони нагріву електричною дугою крізь вакуумну камеру в ківш, що забезпечить ефективне нагрівання розплаву під час рафінування і підвищення інтенсивності газореагентної взаємодії в ньому без обмеження тривалості обробки.

В основу другого із групи винаходів покладено задачу удосконалення пристрою для вакуумної дегазації сплавів в ковші-печі шляхом встановлення на його кришці вакууматора з дозатором реагентів та заглибним плазмотроном, в порожнині всмоктування патрубків якої занурено в зону нагріву метала електричною дугою, що забезпечить високий ступінь рафінування металу газореагентними середовищами та ефективний його нагрів.

Перша поставлена задача вирішується тим, що в способі обробки рідкого металу в ковші - печі, за яким циркуляційне вакуумування металу здійснюють в камері з вертикальною перегородкою. Розплав при цьому в порожнині всмоктування вакуумної камери продувають газами крізь фурму, яка розміщена в боковій стінці камери над поверхнею металу в ковші.

Згідно з винаходом, рідкий метал, постійно переміщують газом в плазмовому стані із зони нагріву його електричною дугою крізь вакууматор в ківш і подають реагенти на поверхню вакуумуючого розплаву.

При вступі в розплав, що знаходиться у порожнині всмоктування вакуумної камери, газ в плазмовому стані диспергується на дрібні високотемпературні пухирці. При цьому у рідкому металі утворюються міжфазова поверхня в 3-3,5 рази більше, ніж при диспергуванні холодного газу. Це сприяє інтенсивному газовиділенню з розплаву і збільшує швидкості газореагентної взаємодії в рідкометалевій ванні. В зв'язку з тим, що температура газових пухирців більше за температуру металу, то зростають швидкості масопереносу крізь межу розділу в рафінуючу фазу, що знаходиться в пухирцях. В результаті підвищуються ефективність видалення вуглецю з розплаву та ступінь рафінування сплавів від газів і неметалевих включень.

Постійний відбір та переміщення нагрітого електричною дугою металу в вакууматор, додатковими нагріванням його плазмотроном, забезпечує перегрів розплаву до температури, яка вище, ніж середньомасова температура сплаву в ковші. Перегрітий розплав по зливному патрубку постійно надходить в глибину рідкометалевої ванни, що в ковші. В результаті цього у рідкому металі створюються інтенсивні конвективні потоки, які сприяють вирівнюванню температури та хімічного складу сплаву у всьому об'ємі ковша, а також виносу неметалевих включень на поверхню ванни. За рахунок цього підвищується якість сплавів, що обробляють запропонованим способом.

Постійний відбір металу із зони його нагріву електричною дугою також зменшує випаровування легуючих компонентів з сталі та їх угар. Крім вка-

заного при подачі азоту крізь плазмотрон можна азотувати сталь цим газом в плазмовому стані замість складної операції нітридного зміцнення рідкого металу.

Друга поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для обробки рідкого металу в ковші-печі, який містить ківш з кришкою та електродом (дами) в ній. Згідно з винаходом, на кришці встановлений циркуляційний вакууматор з дозатором для реагентів та заглибним плазмотроном в порожнині, всмоктуючий патрубок якої занурено в об'єм розплаву, що нагрівається електричною дугою.

Розміщення циркуляційного вакууматора з дозатором на кришці дозволяє проводити вакуумно-реагентну обробку рідкого металу при комбінованому нагріві його електричною дугою та плазмотроном. Встановлення заглибного плазмотрону в вакуумований метал, що в порожнині всмоктування вакууматора, дозволяє підвищити інтенсивність газореагентної взаємодії в розплаві і ефективність рафінування сплавів та нагрівання металу з високим (> 92%) ККД (відсутні втрати тепла на випромінювання тому, що плазмовий струмінь занурено у рідкий метал).

Разову порцію рафінуючих або модифікуючих домішок подають за допомогою дозатора у вакууматор в процесі обробки сплавів. Домішки потрапляють на поверхню розплаву в умовах вакууму, що запобігає їх окисленню. Тому домішки добре змочуються розплавом і рівномірно розподіляються у всьому об'ємі металу, який знаходиться в ковші.

Занурення всмоктуючого патрубка в зону, де рідкий метал нагрівається електричною дугою, дозволяє перемішувати перегрітий розплав газом в плазмовому стані до глибинних шарів ванни. В результаті цього в рідкометалевій ванні створюються конвективні потоки, які сприяють вирівнюванню температури та хімічного складу у всьому об'ємі розплаву, що знаходиться в ковші. При цьому із рідкого металу виносяться гази та неметалеві включення на поверхню ванни і зменшується кількість легуючих в сплав, що випаровуються при нагріві розплаву електричною дугою.

Суть винаходу пояснюється кресленням. На Фіг. зображено заявлений пристрій для обробки рідкого металу в ковші-печі.

Заявлений спосіб реалізують за допомогою вказаного пристрою таким чином. В ківш-піч заливають рідкий метал, який треба обробляти. На ківш з металом встановлюють кришку з електродом (дами) та циркуляційним вакууматором. Всмоктуючий патрубок вакууматора при цьому занурюється в об'єм розплаву, де він нагрівається електричною дугою. Із зони нагріву рідкий метал постійно переміщують крізь вакууматор назад в ківш. Переміщення перегрітого розплаву металу з зони його нагріву можна здійснювати будь-яким з пристроїв, наприклад, електромагнітним, що забезпечує безперервну подачу металу крізь вакууматор в ківш. Однак, при цьому зменшується температура рідкого металу, що проходить крізь вакууматор, ускладнюється конструкція пристрою для здійснення способу.

Найбільш доцільно застосувати для цього описаний нижче пристрій. Безперервне переміщення рідкого металу з зони нагріву його електричною дугою крізь вакууматор в цьому пристрої здійснюють газом в плазмовому стані, який надходить в вакуумуючий розплав з плазмотрону, що встановлено в порожнині всмоктування.

Як показано на Фіг., пристрій для обробки рідкого металу в ковші-печі містить кришку 1 з електродом 2, циркуляційним вакууматором 3, в якому встановлений дозатор 4 для реагентів. В порожнині всмоктування 5 вакууматора встановлено заглибний плазмотрон 6, з якого газ в плазмовому стані поступає в розплав і диспергується на пухирці. Патрубок 7 порожнини всмоктування занурено в зону 8, де рідкий метал нагрівається електричною дугою 9, що горить між електродом (дами) 2 та розплавом. В вакууматорі порожнина всмоктування відділена від зливної вертикальною перегородкою 10. Зливний патрубок 11 занурено у глибину рідкометалевої ванни в ковші.

Пристрій працює таким чином:

При встановленні кришки 1 на ківш всмоктуючий 7 та зливний 11 патрубки вакууматора 3 занурюються в рідкий метал. При цьому всмоктуючий патрубок 7 занурюється в розплав, що в зоні 8 нагрівається електричною дугою 9. Потім подають напругу на верхній 2 та подовий електроди і збуджують електричну дугу між електродом 2 та розплавом. Після цього вмикають вакуумний насос (на Фіг. не показано) разом з плазмотроном 6. Під розірванням рідкий метал піднімається вгору на задану висоту, яка регулюється величиною остаточного тиску в вакууматорі. Розплав з зони 8 нагріву його електричною дугою 9 постійно переміщується по всмоктуючому патрубку 7 та порожнині 5 над перегородкою 10 в зливу порожнину під дією газу в плазмовому стані за рахунок ерліфтного ефекту. Із зливного патрубка 11 перегрітий електричною дугою 8 та плазмотроном 6, розплав витікає в глибину рідкометалевої ванни, що в ковші.

Реалізація запропонованих способу та пристрою була здійснена на сталі X18H10T, яку обробляли в тонному ковші-печі з дуговим нагрівом металу. Після заливки рідкого металу в ківш на нього встановлювали кришку, на якій були розміщені графітовий електрод ( $\phi = 150\text{мм}$ ), циркуляційний вакууматор з плазмотроном непрямої дії (потужність 320КВт) у порожнині всмоктування та дозатором для реагентів. При цьому всмоктуючий патрубок вакууматора занурювався в зону нагріву розплаву електричною дугою на глибину 200-250мм, а зливний - на 800-850мм.

Після встановлення кришки на ківш подавали від джерела живлення напругу на графітовий електрод і збуджували електричну дугу між ним та розплавом шляхом короткого замикання. Потім встановлювали робочі параметри електричного нагріву металу від трансформатора ТСМ-5000 шляхом регулювання відстані між електродом та поверхнею розплаву (потужність нагріву складала 500-550КВт). Відкривали доступ газу до плазмотрону, подавали напругу на нього від джерела живлення АПР-403 і проводили підпал електричної

дуги. Напругу на плазмотроні підтримували в межах 40-50 В, струм - до 800 А. В якості плазмоутворюючого газу використовували повітря перші 10 хвилин, а потім протягом 10 хвилин - аргон, витрати яких складали 25л/хв. Повітрям видаляли з рідкого металу вуглець, а аргон - водень та неметалеві включення (сульфіди та шлакові частки). Після обробки сталі при вказаних режимах відключали вакуумний насос, плазмотрон і електричний нагрів. Знімали кришку з електродом та вакууматором і заливали обробленим металом зразки для визначення вмісту вуглецю, водню та неметалевих включень в сталі. Ефективність рафінування та температура металу, який обробляли за прототи-

пом і запропонованими винаходами, подані в таблиці.

Дослідження якості металу показало, що після обробки сталі запропонованим способом і пристроєм кількість неметалевих включень та водню в розплаві зменшується більше ніж вдвічі, вуглецю - на 65-70%. Внаслідок цього підвищуються міцнісні та експлуатаційні характеристики сталі в литому стані.

Отже, запропонований спосіб і пристрій, на відміну від прототипів та інших аналогів, дає змогу одержати новий технічний ефект, виражений у підвищенні якості сплавів за рахунок ефективного їх рафінування газореагентними середовищами в вакуумі без обмеження часу обробки металу.

Таблиця

Ефективність рафінування і температура сталі X18H10T в ковші

Спосіб обробки	Вміст в обробленому розплаві, %			Час обробки, хвилини	Температура металу в ковші, С	
	Вуглець	Водень	Неметал, включення		До обробки	Після обробки
Без обробки	0,12	0,000036	0,0088	-	1630	-
Згідно з прототипами (Заявки Японії 58-77520 та 59-143015)	0,062	0,000025	0,0062	20	1630	1615
Згідно з заявленими способом і пристроєм	0,04	0,000013	0,0034	20	1630	1635

## Джерела інформації

1. Заявка 58 - 221220, Японія, МПК С21С 7/10, С22В 9/04, 22.12.1983.
2. Заявка 61 - 37910, Японія, МПК С21С 7/072, 22.02.1986.
3. Заявка 58 - 77520, Японія, МПК С21С 7/10, С21С 7/068, 10.05.1983.

4. Заявка 59 - 143016, Японія, МПК С21С 7/10, 16.08.1984.

5. А. с №1032025, СРСР, МПК С21С 7/10, Бюл. 1983, №28.

6. Заявка 59 - 143015, Японія, МПК С21С 7/10, F27D 11/08, 16.08.1984.



